

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-320864

(43) 公開日 平成7年(1995)12月8日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 B 33/00				
B 0 5 D 5/06		B 7717-4D		

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-120306

(22) 出願日 平成7年(1995)5月19日

(31) 優先権主張番号 08/246439

(32) 優先日 1994年5月20日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390035493

エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション

AT&T CORP.

アメリカ合衆国 10013-2412 ニューヨーク
ニューヨーク アヴェニュー オブ
ジ アメリカズ 32

(72) 発明者 アナンス ドダバラブア

アメリカ合衆国 07946 ニュージャージー
イ, ミリントン, ヒルトップ ロード 62

(74) 代理人 弁理士 岡部 正夫 (外2名)

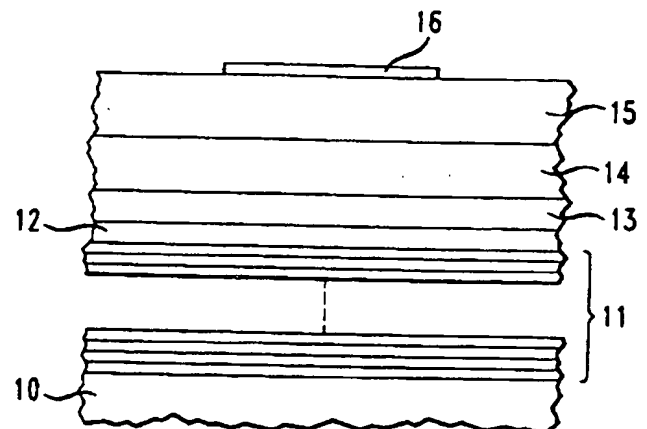
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微小空洞光源を含む製品

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、微小空洞光源を含む製品を提供する。

【構成】 光微小空洞は、たとえばフラットパネル表示のような光エミッタとして、潜在的に有用である。そのような微小空洞は、空洞を規定する2つの空間的に離れた反射器(11、16)を含み、反射器間に配置された有機(エレクトロルミネセンス)材料の層(15)を有する層構造を含む。出願人は、微小空洞は放射が、たとえば白のような所望の明るい色を有するようあらかじめ決められた2又はそれ以上の色の放射を、同時に放射できることを見出した。2ないしそれ以上の色の放射には、空洞の実効光路長を、空洞がマルチモード空洞で、活性材料のエレクトロルミネセンス・スペクトルの放射領域内に、空洞によって維持された2つ又はそれ以上の定在波モードの波長を有するよう選択することを必要とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基体(10)の主表面上の層構造を含み、前記層構造は、

- a) 実効光路長Lの微小空洞を規定する空間的に離れた第1及び第2の反射器(たとえば、11、16)；
- b) エレクトロルミネセンスの可能な有機材料を含み、エレクトロルミネセンス・スペクトルは放射領域を含み、活性層の少なくとも一部は前記反射器の間に配置される活性層(たとえば15)；及び
- c) 微小空洞が放射を放出できるよう、活性層の少なくとも一部を通して電流を流すようにする電極(たとえば13、16)；を含む製品において、
- d) 実効光路長Lは、微小空洞が放射の少なくとも2つのモード(たとえば、71及び72)を同時に維持するようなマルチモード空洞で、前記モードのそれぞれは微小空洞が少なくとも2つのあらかじめ決められた色の放射を、同時に放出できるよう、前記エレクトロルミネセンス・スペクトルの前記放射領域内の波長を有することを特徴とする製品。

【請求項2】 層構造は前記反射器間に配置された正孔輸送層(たとえば14)及び／又は電子輸送層及び／又は充てん層(たとえば12)のいずれか又は全てを更に含む請求項1記載の製品。

【請求項3】 層構造は更に、微小空洞の外部に配置された散乱層を含む請求項1又は2記載の製品。

【請求項4】 Lは前記2つのモードの少なくとも1つが、微小空洞の3次又はより高次の定在波モードであるように、選択される請求項1～3のいずれかに記載の製品。

【請求項5】 実効光路長Lの第1の複数の微小空洞を含み、必要に応じて更に、実効光路長L' ≠ Lの第2の複数の微小空洞を含む請求項1～4のいずれかに記載の製品。

【請求項6】 層構造に付随して、再結合領域があり、層構造は前記定在波モードの少なくとも1つが、本質的に再結合領域内のノード又はアンチノードを有するように選択される請求項4記載の製品。

【請求項7】 エレクトロルミネセンスが可能な有機材料は、発光性有機ドーパント材料をドーブした本質的に非発光性母体有機材料を含む請求項1記載の製品。

【請求項8】 金電極又はAl、In、Mg、Ca及びそれらの合金から選択された金属を含む電極の一方又は両方を含む請求項1記載の製品。

【請求項9】 フラットパネル表示、光相互接続を含む装置、光ファイバ通信装置又はLED印刷装置である請求項1記載の製品。

【請求項10】 基体は2つの主表面を有するガラス基体を含み、ガラス基体の少なくとも1つの主表面は、必要に応じて、ガラス基体の屈折率より高い屈折率を有する被覆材料で被覆される請求項1記載の製品。

【請求項11】 エレクトロルミネセンスが可能な有機材料は、Alq、芳香族炭化水素、ポリ(フェニレンビニレン)、オキサジアゾール又はスチルベン誘導体及びフマル酸及び4-(ジシアノメチレン)-4H-ピランから成る類から選択されたドーパントをドーブした上述のものから成る類から選択され；前記反射器の1つは、SiO₂及びSiNx又はSiO₂及びTiO₂の交互の層を含む多層誘電体ミラーを含み、前記反射器の他方は、Al、In、Mg、Ca及びそれらの合金から選択された材料を含むパターン形成された金属層を含み、活性層の前記少なくとも一部に電界を印加するための前記電極は、インジウム・スズ酸化物又はドーブしたポリアニリンを含み、層構造は前記少なくとも2つの色が、本質的に白の明るい色を供するよう選択される請求項1～10のいずれかに記載の製品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は微小空洞光源及びそのような光源を含む製品(たとえば表示)に係る。

【0002】

【従来の技術】 従来技術の光微小空洞は、典型的な場合、光波長のオーダーで、少なくとも一次元(ここでは典型的な場合、空洞の実効光路長)を有する共振器である。そのような共振器は基礎的研究のために興味もたれるだけでなく、新しい種類の発光デバイスを構成するための技術的約束となるものとして、認識されてきた。たとえば、エイチ・ヨコヤマ(H. Yokoyama)サイエンス(Science)、第256巻、66-70頁を参照のこと。これは特に色素溶液を含む微小空洞について、明らかにしている。また、ワイ・ヤマモト(Y. Yamamoto)ら、フィジックス・トデイ(Physics Today)、66-73頁、1993年6月を参照のこと。そのような微小共振器発光デバイスの可能な応用は、たとえばフラットパネル表示、バックライト、光相互接続、光ファイバ通信及びLED印刷の分野である。

【0003】 1993年11月22日に出願人が申請した米国特許出願第08/156,217号は少なくとも2個の微小空洞光エミッタを含み、それらの空洞長は、微小空洞がそれぞれ第1及び第2の波長で発光するよう、異なる。エイ・ドダバプール(A. Dodabalapur)ら、アプライド・フィジックス・レターズ(Applied Physics Letters)、第64(19)巻、2486頁も参照のこと。

【0004】 少なくともいくつかの技術的分野では、たとえば白のような指定された明るい色の光を放出することを、必要とする。そのような放出は典型的な場合、2つ又はそれ以上の型のLEDからの放射を混合することにより、得られる。たとえば、ケイ・ムラタ(K. Murata)、ディスプレイ・デバイス(Display Device)、47-50頁、1992を参照のこと。あるいは、それらは有機LED中に異なる色の蛍光色素を組込

むことによって、得られる。ジェイ・キド (J. Kido) ら、アプライド・フィジックス・レターズ (Applied Physics Letters)、第64 (7) 巻、815頁 (1994) 及びジー・イー・ジョンソン (G. E. Johnson) ら、エス・ピー・アイ・イー (SPIE)、第1910巻、6頁を参照のこと。たとえば、白色光を放出するデバイスは、たとえば低電圧ポータブル・バックライト表示のようなものに、関心がもたれる。

【0005】白色光又は他の混合色を放出する既知のデバイスは、ラップトップ計算機用の表示のような技術10 的用途に対しては、完全に満足というわけではない。たとえば、ある種の従来技術は典型的な場合、作製が難しく、他のものは広い波長範囲で発光し、あらかじめ決められた波長では、比較的小さなピークに、広い隣接のものが重畳するだけである。たとえば、上で引用したジェイ・キド (J. Kido) の図2を参照のこと。従って、あらかじめ決められた明るい色、たとえば本質的に白色の光を放出でき、比較的容易かつ経済的に作製できる発光デバイスは、かなり関心がもたれる。本発明はそのようなデバイスを、明らかにする。

【0006】

【本発明の要約】本発明は特許請求の範囲により、規定される。それは1ないし複数のマルチモード微小空洞光エミッタを含み、与えられたエミッタは所望の明い色が得られるよう、2ないしそれ以上のあらかじめ決められた色 (たとえば、青及び赤) の放射を、同時に放出するのに適する。

【0007】より具体的には、製品は基板 (たとえばガラス板) の主表面上の層構造を含む。層構造は空間的に離れた第1及び第2の反射手段と、エレクトロルミネ30 センスが得られる有機材料 (たとえば、8-ヒドロキシキノリン・アルミニウム、一般にAlq とよばれる。そのような材料は、“EL”材料とよばれる) を含む活性層を含み、活性層の少くとも一部は、反射手段間に配置される。第1及び第2の反射手段は、実効光路長Lの微小空洞を、規定する。層構造は更に、微小空洞が発光できるように、活性層を通して電流が容易に流れるようにする手段を含む。

【0008】重要なことは、空洞の実効光路長Lは、空洞が2ないしそれ以上のあらかじめ決められた色の放射40 を、同時に放出できるマルチモード空洞であるように、選択される。

【0009】“マルチモード”微小空洞ということでは、ここでは空洞の2ないしそれ以上の定在波モードが同時に維持される微小空洞を、意味する。本発明の実施例において、2ないしそれ以上のモードの波長は、EL材料のELスペクトルの放射領域内にあるであろう。典型的な場合、Lはモードの少くとも1つが、微小空洞の3次はそれ以上の次数の定在波であるように、選択される。たとえば、Lは7次、8次及び9次モードが、空洞50

により同時に維持されるように、選択される。

【0010】本発明の典型的な実施例は、上述のように、複数のエミッタ構造を含む、しばしばこれらマルチモードエミッタのすべてが、本質的に同じ明るい色を放出するであろうが、その必要はない。2又はそれ以上の種類のマルチモード・エミッタあるいは1ないし複数の種類のマルチモード・エミッタ及び1ないし複数の種類の従来技術の微小空洞エミッタを含む製品も考えられる。

【0011】必要に応じて、活性層は有機EL材料に加え、たとえば電子又は正孔輸送層又は電子又は正孔阻止層又は充てん層といった1ないし複数の層を、含むことができる。EL材料は典型的な場合、単一層でよく、典型的な場合、発光性化合物又は発光物質をドープした母体材料から成る。すべての場合、本発明に従う微小空洞中のEL材料の放射スペクトルは、空洞長Lの関数で、Lが変るとスペクトルは変化する。これは特に本発明の実施例が、ジェイ・キド (J. Kido) ら (上で引用) により明らかにされたデバイスと、異なる点である。後者の場合、EL材料のエレクトロルミネセンス・スペクトルは3つのピークをもつ。それは材料中に3つの異なる色素があり、色素の特性によって本質的に決まるピークの波長をもつためである。

【0012】

【詳細な記述】図1は本発明に従う単一のマルチモード微小空洞の例に伴う層構造を、概略的に示したもので、数字10は基板をさし、数字11-15はそれぞれ多層ミラー、充てん層、透明導電体、正孔輸送層及びEL層をさす。p形エミッタを有する構造において、層14はEL層でよく、15は電子輸送層でよい。必要に応じて、構造は電子輸送層及び正孔輸送層を含んでよく、EL層は2つの輸送層に、はさまれる。数字16は最上部電極及び最上部反射器として働き、微小空洞の横方向の広がりを規定するパターン形成された金属層の一部をさす。領域16の横方向の寸法は、典型的な場合、空洞の実効光路長より、はるかに大きい (たとえば、少くとも5倍)。

【0013】底面発光構造において、基板は本質的に関連した波長の放射に対し、透明である。“本質的に透明”ということは、ここでは、適切な距離において、関連した波長の放射の減衰が、25%を越えないことを、意味する。基板材料の例は、ガラス (TiO₂のような高屈折率材料で片面又は両面が被覆されたガラスを含む)、サファイヤ、石英、ポリ (エーテルスルホン) のような透明プラスチックである。

【0014】多層ミラーは適切に選んだ厚さの本質的に非吸収材料の交互の層から成る。典型的な場合、各層は $\lambda/4$ の厚さであ。ここで λ はたとえば約550nmといったEL放射スペクトルのほぼ中心波長に対応するよう、選択すると有利である。そのようなミラーは、よく

知られている。ミラーの反射率は、周知のように、層対の数、層厚及び用いる材料の屈折率に依存する。材料対の例は、 SiO_2 及び SiNx 、 SiO_2 及び TiO_2 である。

【0015】 充てん材料は作製及び動作条件下で、化学的に安定で、適当な技術により、パターン形成できる任意の本質的に透明な材料でよい。充てん材料の例は、透明ポリマ（たとえばポリイミド）又は透明無機誘電体（たとえば、 SiO_2 又は Si_3N_4 ）である。

【0016】 透明（又は半透明）導電体の例は、インジウム・スズ酸化物（ITO）又はドーパントポリアニリンの 10 ような導電性ポリマ又は金属（たとえばAu又はAl）の薄い（たとえば約10nm）層であり、パターン形成しなくても、（たとえば、行又は列に）パターン形成してもよい。

【0017】 （必要に応じて設ける）正孔輸送層は、正孔をEL層に輸送し、そこで電子-正孔再結合が容易に 20 起るようにする任意の本質的に透明な材料でよい。適切な材料の例は、ジアミン（たとえば、N, N' -ジフェニル-N, N' -ビス（3-メチルフェニル）-1, 1' -ビフェニル-4, 4' -ジアミン）及びポリ（フェニレンビニレン）である。

【0018】 EL材料の例は、Alq、芳香族炭化水素、ポリ（フェニレンビニレン）、オキサジアゾール及びスチルベン誘導体である。EL材料は必要に応じて、EL材料の基本成分より小さい禁制帯をもつ発光性材料をドーパントの例は、クマリン又はAlq中の4-（ジシアノメチレン）-4H-ピランである。たとえば、シー・ダヴリュ・ツァン（C. W. Tang）ら、ジャーナル・オブ 30 ライド・フィジックス（J. Applied Physics）、第65巻、3610頁（1989）を参照のこと。そのようなドーピングは、材料のエレクトロルミネセンス（EL）・スペクトルを、基本的に修正するか、あるいはデバイスの効率を上げるために、用いることができる。EL材料のELスペクトルの発光領域は、微小空洞の関連した空洞モードの重ならなければならないことが、認識されるであろう。

【0019】 （必要に応じて設ける）電子輸送層（図1には示されていない）は、関連した電極からEL層への 40 電子の輸送を容易にする本質的に透明な任意の材料でよい。そのような材料の例は、2-（4-ビフェニル）-5-フェニル-1, 3, 4-オキサジアゾール（PBD）、ブチルPBD又はポリ（メチルメタクリレート）（PMMA）又はポリ（カーボネート）といった不活性ポリマのドーパされたもののいずれかである。

【0020】 金属層は電子を隣接層中に注入する働きをし、金属の単一層又は複数の層の組合せでよい。金属接触として用いるための低仕事関数材料の例は、Al、In、Mg、Ca又はMgAgのような合金である。

【0021】 EL材料を適切に選択することにより、正 50

孔輸送層及び電子輸送層の1つ（両方の可能性もある）を、除くことができる。たとえば、AlqはEL材料及び電子輸送媒体の両方として機能でき、ポリ（フェニレンビニレン）はEL材料及び正孔輸送媒体の両方として、機能できる。

【0022】 電子が透明導電体層から注入され、正孔がパターン形成された金属層から注入されるように、電子及び正孔注入接触を、交換できることを、理解すべきである。もし、電子輸送層又は正孔輸送層を用いるなら、層構造におけるそれらの位置は、たとえば交換するなど、適当に変更できる。

【0023】 本発明に従う微小空洞はまた、上面発光構造でも実施できる。そのようなエミッタにおいては、基板は透明である必要はない。それは金属（適切な絶縁体を有する）又はSiのような半導体でよい。図2は上面発光微小空洞の層構造の例を、概略的に示す。この図で、数字20、26及び29は、それぞれ基板、パターン形成された金属層、及び（必要に応じて設ける）電子輸送層をさし、数字25-21はそれぞれEL層、（必要に応じて設ける）正孔輸送層、透明導電層、（必要に応じて設ける）充てん層及び多層ミラーをさす。

【0024】 本発明のいくつかの実施例では、大きな立体角で発光を無秩序化するのに役立つ散乱層を含んでもよく、それによって発光の角度依存性がなくなるか、少くとも減少する。ファブリーペロー空洞効果によるこの依存性は、たとえば表示のような種の用途では好ましくなく、本発明に従う表示は、そのような層を含んでもよい。図2は散乱層28を含む（上面発光）実施例を示す。底面発光実施例では、散乱層の例が、基板及び多層ミラーの間に配置される。たとえば、散乱層はそこにコロイド状分散剤（たとえば溶融シリカ）を有する本質的に透明なポリマ（たとえば、ポリイミド又はPMM 30 A）である。それはまた、機械的に荒い表面を有する本質的に透明な層（たとえばSiNx）でもよい。

【0025】 本発明に従う製品は、典型的な場合、上で述べたマルチモード微小空洞エミッタ又はエミッタのアレイに加え、電源及び駆動回路といった通常の要素も含む。そのような表示には、任意の適切な回路を、使用することが、できる。たとえば、上で引用したケイ・ムラタ（K. Murata）の論文を参照のこと。これは49頁の図9において、本発明に従う表示にも使用できるマトリクス駆動回路を、示している。たとえば、透明導電体（たとえば13）は横方向が少くとも表示の寸法とほぼ等しい本質的に一様な層が、ストライプにパターン形成され、与えられたストライプには、表示の与えられた列（又は行）が付随する。

【0026】 当業者は本発明の実施例は典型的な場合、多色放射を放出できる与えられた実効光路長をもつ1ないし複数（たとえば数ダース又は数千もの）マルチモード微小空洞を含むことを、認識するであろう。

【0027】任意の明るい色が2ないしそれ以上の色成分の波長及び強度を、適切に選択することによって発生できることが、よく知られている。たとえば、周知のCIE表色系を示す図3を、参照のこと。CIE構成において、任意の光源の色は、図3の軸である2つの軸、x及びyで表わされる。たとえば、“色”白はx=0.33、y=0.33の軸をもつ。

*

$$L = (\lambda/2)(n_{\text{eff}}/\Delta n) + \sum_i n_i L_i + (\phi_m \lambda/4\pi)$$

(1)

表式(1)中の第1項は、多層反射器中の実効侵入長、第2項は空洞中の層の光学厚さの合計、最後の項は通常他の2項に比べると小さいが、上部ミラーにおける位相シフトによるものである。パラメータλは関連した波長、 n_{eff} は多層反射器の実効屈折率、 Δn は多層反射※

10※器を作る2つの材料間の屈折率差、 n_i 及び L_i は空洞中のi番目の層の屈折率及び実際の厚さである。 ϕ_m は上部ミラーにおける位相シフトである。位相シフトは、

【数1】

$$\phi_m = \arctan \left[\left(2n_s k_m \right) \cdot \left(n_s^2 - n_m^2 - k_m^2 \right)^{-1} \right], \quad (2)$$

で与えられる。ここで、 n_s は上部ミラーと接触する材料の屈折率、 n_m 及び k_m は上部ミラー材料の屈折率の実部及び虚部である。

【0030】本発明に従う表示が、1以上の光学厚さの微小空洞エミッタを含めることは、明らかであろう。事実、1つの表示において、ここで述べたような1ないし複数のマルチモードエミッタを、1ないし複数のシングルモードエミッタと組合せることは、可能である。

【0031】光学厚L及びL'のマルチモード微小空洞エミッタを含むべき表示においては、他のすべての厚さは一定にしたまま、充てん層の厚さを変えるのが、有利である。もちろん、少なくとも原理的には、たとえば透明導電層13、必要に応じて設ける正孔輸送層14又はEL層15といった空洞中の任意の他の層の厚さ及び考えられるこれらすべての厚さを変えることによって、同じ効果が得られる。しかし、製造上の理由により、現在は適切な充てん層の設定と選択が好ましい。なぜなら、後者の動作は、たとえばITO、Alq又はジアミンといった他の層材料より、ポリイミド又はSiO₂といった充てん材料で、典型的な場合、現在より容易に制御しうるからである。

【0032】図4及び図5はそれぞれ本発明に従うマルチモード微小空洞の例の放射スペクトルを示す。図4のスペクトルを生じるエミッタは、図1のデバイスと同様の底面発光デバイスで、ガラス基板、4分の1波長SiO₂/Si₃N₄(92/62)積層、835nmシリコン窒化物充てん層、11.5nm Au正孔注入接触層、100nmトリフェニル・ジアミン正孔輸送層、70nm Alq EL層、パターン形成されたAl電子注入接触及び最上部ミラーを含む。この構造の全実効空洞長は、約2.5μmであった。図4から容易にわかるように、ここで述べた構造の放射スペクトルは、3つのよく規定されたピークをもち、ピークの外側の強度はほとんどない。放射の明ら

20

かな色は、オレンジ赤であった。

【0033】図5は別のマルチモードエミッタの例の放射スペクトルを示す。この構造は充てん層厚が約40nm、正孔注入接触層が55nm ITO、Alq EL層厚が30nmであることを除いて、本質的に上述のものと同様である。放射の明るい色は白であった。

【0034】マルチモード微小空洞エミッタの放射スペクトル(従って明るい色)は、空洞の光路長を変えることにより、変えられる。しかし、これは明らかな色を制御する唯一の方法ではない。たとえば、明るい色はまた、空洞により維持されるモードのノード/アンチノードに対し、デバイスの再結合領域(たとえばAlq/ジアミン界面)の位置を変えることによって、変えられる。図7は反射器70により規定されるマルチモード空洞中の定在波強度パターンの例を、概略的に示す。強度パターン(71-73)はそれぞれ3次、4次、5次モードを表わす。

【0035】たとえば、もしピークに対応するモードが、再結合領域中にアンチノードをもつなら、特定のスペクトル強度は、比較的強くなるであろう。逆に、特定のスペクトルピークに付随した放射の定在波パターンのノードが、再結合領域中にあるように、デバイスパラメータを選択することにより、ピークの振幅は、比較的弱くできる。たとえば、図5のスペクトルを生じる構造において、EL層厚を70nmに変えることによって、図6のスペクトルが生じ、より高い波長ピークに対し、低い方の波長ピークの高さが、本質的に減少した。

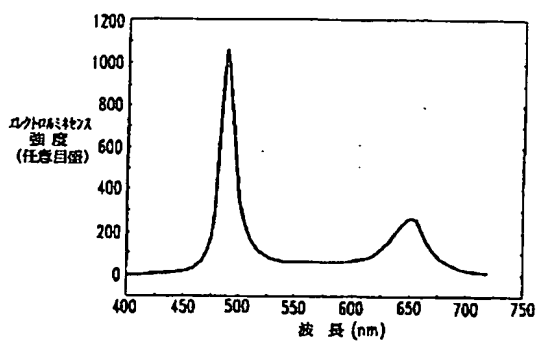
【0036】放射スペクトルに対するIII/V半導体多層構造中の発光ダイポールの位置の効果について記述した理論式が、最近発表された。(ディー・ジー・デッペ(D. G. Deppe)ら、ジャーナル・オブ・モダン・オプティクス(J. of Modern Optics)、第41(2)巻、325頁の式7)。同じ式は本発明の有機物を基礎

30

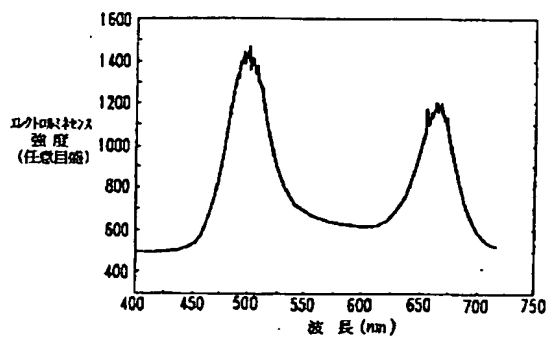
40

50

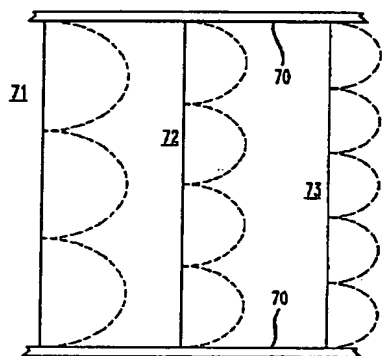
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 ティモスイ マーク ミラー
アメリカ合衆国 07974 ニュージャージー
イ, ニュープロヴィデンス, デルウィック
レーン 2

(72)発明者 ルイス ジョシア ローズバーク
アメリカ合衆国 07960 ニュージャージー
イ, モリスタウン, ウェスターン アヴェ
ニュー 207